

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-164692

(P2004-164692A)

(43) 公開日 平成16年6月10日(2004. 6. 10)

(51) Int.Cl. ⁷	F 1	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/667	G 1 1 B 5/667	5 D 0 0 6
G 1 1 B 5/65	G 1 1 B 5/65	5 D 1 1 2
G 1 1 B 5/73	G 1 1 B 5/73	
G 1 1 B 5/84	G 1 1 B 5/84	Z

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2002-326057 (P2002-326057)
(22) 出願日 平成14年11月8日 (2002. 11. 8)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人 100083806
弁理士 三好 秀和
(74) 代理人 100068342
弁理士 三好 保男
(74) 代理人 100100712
弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
(74) 代理人 100100929
弁理士 川又 澄雄
(74) 代理人 100108707
弁理士 中村 友之
(74) 代理人 100095500
弁理士 伊藤 正和

最終頁に続く

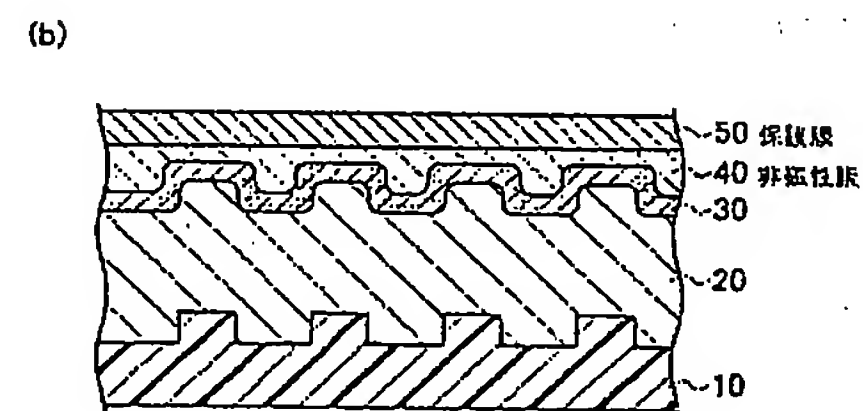
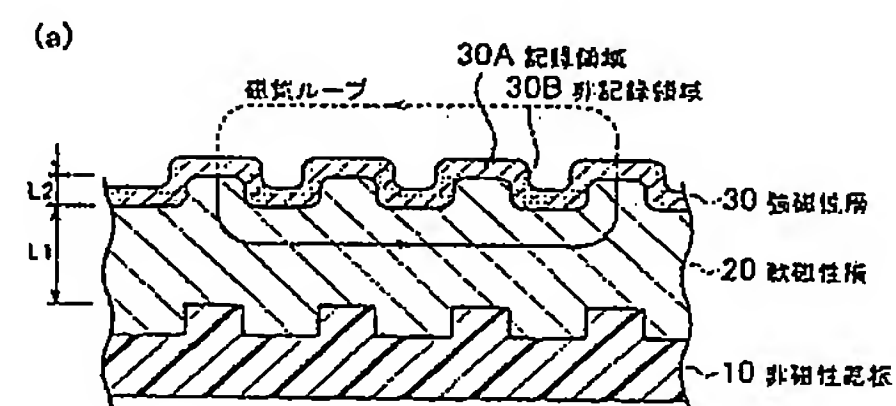
(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 製造工程が容易で、単磁極ヘッドを用いた記録再生が可能な垂直磁気記録方式のパターンドメディアを提供する。

【解決手段】 非磁性基板と、非磁性基板上に形成され、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを持つ軟磁性層と、この軟磁性層上に形成された強磁性層を有し、凸部領域に周囲と磁氣的に分断された垂直磁気記録領域を有する磁気記録媒体である。なお、軟磁性層は、記録再生の際に基板面と平行な面方向に安定に磁化の向きが揃う厚みを持つ。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非磁性基板と、

前記非磁性基板上に形成され、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを持つ軟磁性層と、

前記軟磁性層上に形成され、前記軟磁性層の前記凸部および前記凹部を反映した凹凸部を有し、該凸部領域に、周囲と磁氣的に分断され、垂直磁気異方性と強磁性とを示す記録領域を持つ強磁性層と

を有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】

前記非磁性基板は、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有し、前記軟磁性層の凹凸は、前記非磁性基板の凹凸を反映したものであることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

10

【請求項 3】

前記非磁性基板は、平坦面を有し、

前記軟磁性層は、表面のみに前記凸部と前記凹部とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 4】

前記軟磁性層は、

平坦な面を有する軟磁性膜と、

前記軟磁性膜上に、個々に離間して規則的に配列された軟磁性微粒子とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の磁気記録媒体。

20

【請求項 5】

前記軟磁性層は、少なくとも記録再生の際に面方向に安定に磁化の向きを揃える厚みを有することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 6】

前記軟磁性層は、厚み L_1 が、前記軟磁性層の表面の凹凸部の高さ L_2 の 2 倍以上であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 7】

表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板を形成する工程と、

30

前記非磁性基板上に、軟磁性層を形成する工程と、

前記軟磁性層上に垂直磁気異方性を有する強磁性層を形成する工程とを有する磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 8】

非磁性基板上に軟磁性層を形成する工程と、

プレス成型法を用いて、前記軟磁性層表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部を形成する工程と、

プレス成形後の前記軟磁性層上に、垂直磁気異方性を有する強磁性層を形成する工程とを有する磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 9】

40

非磁性基板上に軟磁性膜を形成する工程と、

前記軟磁性膜上に前記軟磁性膜と共通する組成を含む軟磁性微粒子を個々に離間して、規則的に配列させる工程と、

前記軟磁性粒子が配列された表面上に、垂直磁気異方性を有する強磁性層を形成する工程とを有する磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 10】

表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板と、

前記非磁性基板上に形成され、前記非磁性基板の前記凸部および前記凹部を反映した凹凸部を有し、該凸部領域に、周囲と磁氣的に分断され、垂直磁気異方性と強磁性とを示す記

50

録領域を持ち、それ以外の領域に軟磁性を示す非記録領域を持つ磁性層とを有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 1 1】

表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板を形成する工程と、

前記非磁性基板上に、垂直磁気異方性を有する強磁性材料からなる人工格子を形成する工程と

を有する磁気記録媒体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高密度磁気記録技術に関し、特に高密度垂直磁気記録が可能なパターンドメディアとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、画像、映像、音声などのデータのマルチメディア化が進み、1ユーザあたりの検索データの情報量が増大化している。このため、データベースの大容量化、高速化が要求されている。一方、HDD (Hard Disk Drive) の記録容量の増大に伴う磁気記録媒体の面記録密度の向上により、磁気記録媒体上の各記録ビットサイズは数10 nm程度の極めて微細なものになってきている。このような微細な記録ビットから再生出力を得るには、各ビットに可能な限り大きい飽和磁化と膜厚の確保が必要となる。しかし、記録ビットの微細化は、1ビットあたりの磁化最小体積 (V) を小さくし、「熱揺らぎ」による磁化反転で、磁化情報の消失という問題を生じている。

【0003】

一般に、この「熱揺らぎ」は、 $K_u \cdot V / kT$ (ここで、 K_u は異方性定数、 V は磁化最小単位体積、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である) の値が小さい程影響が大きくなり、経験的には、 $K_u \cdot V / kT$ が100未満になると、「熱揺らぎ」による磁化の反転が生じると言われている。すなわち、磁性粒子の磁化の向きを一方向に保つのに必要な磁気異方性エネルギーは、磁気異方性エネルギー密度 K_u と磁性粒子の体積 V の積で表されるものであるが、これが室温の熱揺らぎエネルギー程度になってしまい、時間とともに磁化が揺らぎ、記録した情報が消失するという現象を生じている。

【0004】

長手磁気記録方式の磁気記録媒体では、記録密度の高い領域の記録ビット内の減磁界が強くなるため、磁性粒子径が比較的大きいうちから「熱揺らぎ」の影響を受けやすい。これに対し、垂直磁気記録方式の磁気記録媒体では、膜厚方向に磁性粒子を成長させることで、媒体表面の粒径は小さいまま磁化最小単位体積 V を大きくできるため、「熱揺らぎ」の影響を抑制できる。しかし、今後磁気記録媒体の高密度化がさらに進めば、たとえ垂直磁気記録方式であっても熱揺らぎ耐性に限界がでてくる。

【0005】

この熱揺らぎ耐性の問題を解決する媒体として、「パターンドメディア」と呼ばれる磁気記録媒体が注目されている (例えば、特許文献1参照)。パターンドメディアは、一般には、非磁性体層中に記録ビット単位となる磁性体領域を複数、それぞれ独立に形成した磁気記録媒体であるが、磁氣的に連続した磁性薄膜を記録磁区の大きさに分断した媒体とすることができる。一般のパターンドメディアでは、非磁性体層として、例えば SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 などの酸化物や Si_3N_4 、 AlN 、 TiN などの窒化物、 TiC などの炭化物、 BN 等の硼化物が用いられ、これらの非磁性体層中に選択的に強磁性体領域が形成されている。

【0006】

パターンドメディアは、磁性薄膜を記録磁区の大きさに分断したものであるから、磁化最小単位体積 V を大きくでき、熱揺らぎの問題を回避することができる。従来の連続磁性薄

膜では、1ビットあたり、磁性粒子数として1000グレイン程度までのものを用いているが、高記録密度化が進むにつれ、1ビットに対応するグレイン数が減少する。記録マークエッジはグレインの粒界で決まるので、S/Nを確保するにはグレインを極力小さくする必要がでてくる。従って従来の連続膜ではVを小さくせざるを得ない。しかし、パターンドメディアでは記録磁区のエッジを構造で規定できるため、Vを小さくすること無くS/Nの向上が期待できる。

【0007】

パターンドメディアは、記録ビット単位である強磁性体領域が独立しているので、各々の記録ビット間の干渉を防止することができ、隣接ビットによる記録の消失や雑音の低減に効果がある。また、パターンニングにより、磁壁移動抵抗が増大し、磁気特性の向上を狙うことができる。

【0008】

【特許文献1】

特開2001-176049号公報（第1図）

【0009】

【特許文献2】

特許3057586号明細書（段落〔0003〕、第1図）

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上述するように、パターンドメディアは「熱揺らぎ」による磁化反転を抑制できるため、高密度磁気記録媒体として有効であるが、他の磁気記録媒体に比べその製造工程は複雑になる。

【0011】

図11(a)～図11(e)に、従来の一般的なパターンドメディア作製方法を示す。この従来の製造方法によれば、まず、基板110上に強磁性体であるFe, Co, Ni等を含む強磁性薄膜層120を形成し（図11(a)）、レジストパターン130をマスクとして強磁性薄膜層120をイオンミリングによりエッチングして（図11(b)）、記録ビットごとに独立するパターンを形成する（図11(c)）。さらに、この表面を非磁性体層140で被覆し（図11(d)）、最後に強磁性体パターンが露出するように、表面の研磨を行っている（図11(e)）。

【0012】

なお、図11(b)に示すように、強磁性薄膜層120はエッチング困難な材料であるため、半導体プロセスで広く利用されているRIE（Reactive Ion Etching）等を用いた化学的なエッチングの使用が困難であり、代わりにイオンビームミリング等の物理的エッチングが使用されている。

【0013】

しかしながら、イオンビームミリングは、電界加速されたイオンによって試料表面をスパッタするため、加工面にスパッタによるダメージが残りやすい。このダメージは、記録再生の際にノイズの要因になる。そこで、磁気特性の向上のために、ダメージのない製造方法の開発が望まれている。また、工程の多さから製造コストが嵩むという課題があり、より簡易な製造方法の開発も望まれている。

【0014】

一方、垂直磁気記録方式の磁気記録媒体に適した記録再生ヘッドとして、単磁極ヘッドが挙げられる。垂直磁気記録方式のパターンドメディアの場合にも、記録再生の際この単磁極ヘッドを用いることが好ましい。単磁極ヘッドは、磁極を小さくすることで漏れ磁界を収束し、微小領域への書きこみができるが、ヘッドから媒体、媒体からさらにヘッドへと戻る磁束ループを構成するとともに、その磁束をヘッドのコイルに効率良く導くことが必要である。このため、単磁極ヘッドを使用する場合には、磁束ループを形成するため、磁束の通路となる軟磁性層を磁気記録層の下地として備える構造を採用することが望まれる（例えば、特許文献2参照）。

【 0 0 1 5 】

したがって、垂直磁気記録方式のパターンドメディアの構造および製造方法を考える場合も、記録層と非磁性基板との間に、磁束の通路となる軟磁性層を備える構造およびその構造を製造できる製造方法が望まれる。しかし、軟磁性層に磁壁が発生すると、これが記録再生の際のノイズになる。

【 0 0 1 6 】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、ノイズが少なく、単磁区ヘッドによる記録再生が可能な垂直磁気記録方式のパターンドメディアとその製造方法を提供することである。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の磁気記録媒体の第1の特徴は、非磁性基板と、非磁性基板上に形成され、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを持つ、軟磁性層と、軟磁性層上に形成された強磁性層を有することである。さらに、この強磁性層が、軟磁性層の凹凸を反映した凹凸を有し、凸部領域に、磁氣的に周囲と分断され、垂直磁気異方性と強磁性とを示す記録領域を持つことである。

【 0 0 1 8 】

なお、本発明において、強磁性層は、その積層構造等の状態により強磁性を発揮しうる層を意味する。また、軟磁性層は、軟磁性を示す層を意味する。

【 0 0 1 9 】

上記本発明の磁気記録媒体の第1の特徴によれば、凹凸を有する軟磁性層上に強磁性層を形成し、凹凸形状効果により凸部が磁氣的に分断されたパターンドメディアを得ることができる。パターンドメディアを形成するために強磁性層のエッチングが不要な構造であるため、エッチングによるダメージに基づくノイズの発生を抑制できる。また、強磁性層の下地層として軟磁性層を有するので、単磁極ヘッドを用いた記録再生の際、媒体とヘッド間で磁束ループを形成できるので、高密度垂直磁気記録が可能になる。

【 0 0 2 0 】

上記本発明の磁気記録媒体において、非磁性基板は、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有し、軟磁性層の凹凸は、非磁性基板の凹凸を反映したものであってもよい。

【 0 0 2 1 】

あるいは、非磁性基板は平坦面を有し、軟磁性層は、上層部のみに凸部と凹部とを有するものであってもよい。さらに、軟磁性層の凹凸は、平坦な面を有する軟磁性膜と、軟磁性膜上に、個々に離間して規則的に配列された軟磁性微粒子によって形成されるものであってもよい。

【 0 0 2 2 】

また、上記本発明の磁気記録媒体において、強磁性層は、組成の異なる強磁性膜を交互に積層した人工格子であってもよい。人工格子は、界面状態が特性を大きく左右するため、凸部上の人工格子と、それ以外の領域の人工格子とはより確実に磁氣的な分断がなされる。

【 0 0 2 3 】

なお、上記本発明の磁気記録媒体において、軟磁性層は、少なくとも記録再生の際に基板面と平行な面方向に安定に磁化の向きが揃う厚みを有していることが好ましい。さらに、厚み L_1 を軟磁性層の表面の凹凸高さ L_2 の2倍以上とすることが好ましい。凹凸が存在すると磁壁が発生しやすくなるが、厚みを十分な厚さに設定することで、磁壁の発生を確実に抑制し、記録再生の際に安定した面内方向への磁化の向きを付与し、ノイズの発生を防止できる。

【 0 0 2 4 】

本発明の磁気記録媒体の製造方法の第1の特徴は、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板を形成する工程と、非磁性基板上に軟磁性層を

10

20

30

40

50

形成する工程と、軟磁性層上に垂直磁気異方性を持つ強磁性層を形成する工程とを有することである。なお、非磁性基板への凹部と凸部の形成は、射出成型法を用いるのが好ましい。

【 0 0 2 5 】

上記本発明の磁気記録媒体の製造方法の第 1 の特徴によれば、非磁性基板に凹凸を形成し、その上に軟磁性層および強磁性層を形成するので、各層に、非磁性基板の凹凸を反映した凹凸形状を形成でき、この形状効果により凸部のみに周囲とは磁氣的に分断された、強磁性体からなる記録領域を形成できる。すなわち、パターンメディアを形成できる。また、強磁性層の下地層として軟磁性層を有するので、単磁極ヘッドを用いた記録再生の際、媒体とヘッド間で磁束ループを形成できる。この方法によれば、エッチング工程なしに 10
パターンメディアを形成できるので、工程が簡易な上、エッチングに伴うダメージがない。ダメージに起因するノイズの発生も防止できる。また、非磁性基板の凹凸は、射出成形で形成するため、量産性に適している。

【 0 0 2 6 】

本発明の磁気記録媒体の製造方法の第 2 の特徴は、非磁性基板上に軟磁性層を形成する工程と、プレス成型法を用いて、軟磁性層表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部を形成する工程と、凹凸が形成された軟磁性層上に、垂直磁気異方性を持つ強磁性層を形成する工程とを有することである。

【 0 0 2 7 】

上記本発明の磁気記録媒体の製造方法の第 2 の特徴によれば、軟磁性層に凹凸を形成し、 20
その上に強磁性層を形成するので、強磁性層に軟磁性層の凹凸を反映した凹凸形状を形成でき、この形状効果により凸部のみに磁氣的に分断された強磁性体からなる記録領域を形成できる。すなわち、この方法によれば、エッチング工程なしにパターンメディアを形成できるので、工程が簡易な上、エッチングに伴うダメージがない。ダメージに起因するノイズの発生も防止できる。また、強磁性層の下地層として軟磁性層を有するので、単磁極ヘッドを用いた記録再生の際、媒体とヘッド間で磁束ループを形成できる。

【 0 0 2 8 】

本発明の磁気記録媒体の製造方法の第 3 の特徴は、非磁性基板上に軟磁性膜を形成する工程と、軟磁性膜上に軟磁性膜と共通する組成を含む軟磁性微粒子を個々に離間して、規則的に配列させる工程と、軟磁性粒子が配列された表面上に、垂直磁気異方性を持つ強磁性 30
層を形成する工程とを有することである。

【 0 0 2 9 】

上記本発明の磁気記録媒体の製造方法の第 3 の特徴によれば、軟磁性層上に軟磁性微粒子を個々に離間して、規則的に配列させることで、微粒子の大きさおよび配列によって調整された凹凸を軟磁性層表面に形成できる。また、その上に強磁性層を形成するので、強磁性層に軟磁性層の凹凸を反映した凹凸形状を形成でき、この形状効果により凸部、すなわち軟磁性粒子上のみに磁氣的に分断された強磁性体からなる記録領域を形成できる。この方法によれば、エッチング工程なしにパターンメディアを形成できる。工程が簡易であり、エッチングダメージに起因するノイズをなくすこともできる。また、強磁性層の下地層として軟磁性層を有するので、単磁極ヘッドを用いた記録再生の際、媒体とヘッド間で 40
磁束ループを形成できる。

【 0 0 3 0 】

なお、上記第 1 ～ 第 3 の特徴を有する磁気記録媒体の製造方法において、軟磁性層は、最終的に得られる厚みが、少なくとも記録再生の際に基板面と平行な面方向に安定に磁化の向きが揃う厚みとすることが好ましい。より好ましくは、軟磁性層の厚み L_1 を軟磁性層の凹凸部の高さ L_2 の 2 倍以上とする。この場合、軟磁性層は、記録再生の際に安定した面内方向への磁化の向きを与える十分な厚さを有するので、軟磁性層における磁壁の発生が抑制され、ノイズの発生を抑制できる。凹凸形状の影響による磁壁の発生を抑制し、記録再生の際に安定した面内方向への磁化の向きを与えることができる。

【 0 0 3 1 】

本発明の第2の特徴を有する磁気記録媒体の特徴は、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板と、非磁性基板上に形成された磁性層を有することである。さらに、この磁性層が、非磁性基板の凸部および凹部を反映した凹凸部を有し、該凸部に垂直磁気異方性と強磁性とを示す記録領域を持つことである。

【0032】

また、本発明の第4の特徴を有する磁気記録媒体の特徴は、上記第2の特徴を有する磁気記録媒体の製造方法であって、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板を形成する工程と、非磁性基板上に、強磁性材料からなる人工格子を形成する工程とを有することである。なお、非磁性基板への凹部と凸部の形成は、射出成型法を用いるのが好ましい。

【0033】

上記第2の特徴を有する磁気記録媒体および第4の特徴を有する磁気記録媒体の製造方法によれば、凸部のみに磁気的に分断された強磁性体からなる記録領域を形成できる。すなわち、この方法によれば、エッチング工程なしにパターンドメディアを形成できる。エッチングダメージに伴うノイズの発生を防止できる。

また、強磁性体からなる記録領域が軟磁性を示す非記録領域で取り囲まれているので、単磁極ヘッドを用いた記録再生の際、媒体とヘッド間で磁束ループを形成できる。さらに、この構造および製造方法によれば、強磁性体からなる記録領域と軟磁性を示す非記録領域が同一層で形成されているため、成膜工程が簡略化できる。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について説明する。

【0035】

(第1の実施の形態)

第1の実施の形態は、射出成型法で作製した、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板上に、軟磁性層と、垂直磁気異方性を持つ強磁性層を積層した、磁気記録媒体および製造方法に関する。この磁気記録媒体の構造によれば、非磁性基板の形状を反映した凹凸が軟磁性層および強磁性層にも形成され、強磁性層の凸部のみを記録領域とするいわゆるパターンドメディアを形成できる。

【0036】

以下、具体的に第1の実施の形態の磁気記録媒体の構造および製造方法について説明する。

【0037】

図1(a)は、第1の実施の形態に係る磁気記録媒体の構造を示す断面図である。また、図2(a)および図2(b)は、その平面図である。

【0038】

図1(a)に示すように、第1の実施の形態に係る磁気記録媒体では、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板10上に、軟磁性層20と垂直磁気異方性を有する強磁性層30とが積層されている。

軟磁性層20および強磁性層30は、非磁性基板10の凹凸形状を反映した凹凸を有して 40

【0039】

この磁気記録媒体の構造では、強磁性層30は、軟磁性層20表面の全面を覆っており、物理的には記録ビットは孤立化されていない。しかしながら、凹凸形状により、凸部の上面(以下、単に凸部という)の強磁性層30と、凹部の側部および底部(以下、単に凹部という)の強磁性層30とは磁気的相互作用が無く、磁気的に分断された状態となっている。すなわち、強磁性層30の凸部のみが、保磁力の大きな記録領域30Aであり、その周囲の凹部の強磁性層30が非記録領域30Bである、いわゆるパターンドメディアとして機能する。上記第1の実施の形態に係る磁気記録媒体の構造によれば、強磁性層30のエッチングをせずに、パターンドメディアを形成することが可能になる。

【 0 0 4 0 】

なお、確実に凸部に形成された強磁性層を磁気的分断するためには、強磁性層 3 0 の膜厚を軟磁性層 2 0 の凹凸高さ L_2 より十分薄く設定することが好ましい。例えば、強磁性層 3 0 の膜厚を凹凸高さ L_2 の $1/2 \sim 1/4$ に設定することが好ましい。例えば強磁性層 3 0 として一般的な強磁性材薄膜を使用する場合は、強磁性層 3 0 の膜厚を $5 \text{ nm} \sim 10 \text{ nm}$ とする場合、凹凸高さは $10 \sim 20 \text{ nm}$ 以上とすることが望ましい。

【 0 0 4 1 】

また、強磁性層 3 0 としては、コバルト (Co) と白金 (Pt) 等を交互に積層した多層膜、すなわち金属人工格子で形成することが好ましい。人工格子は、積層界面の状態に特性が左右されるため、凹凸の側面部の強磁性層 3 0 には、綺麗な積層界面が得られず、磁気特性が著しく劣化した状態になる。従って、凸部の大きな保持力を有する強磁性の記録領域 3 0 A は、劣化により強磁性を発揮しない側面部の強磁性層 3 0 の存在により磁気的に分断される。従って、人工格子を使用すればパターンドメディアをより容易に確実に形成できる。

【 0 0 4 2 】

なお、凸部上面の面積を小さくすることで、隣接ビットと相互作用のない、磁化の向き揃った単磁区状態を実現できる。例えば、各記録領域 3 0 A を単磁区状態とするためには、各記録領域 3 0 A を 100 nm 角以下望ましくは 80 nm 以下するのが好ましい。

【 0 0 4 3 】

記録領域 3 0 A、すなわち凸部は、周囲を凹部で囲まれ、規則的に配列されていればよく、記録領域 3 0 A の平面形状は限定されない。図 2 (a) に示すように矩形であってもよいし、図 2 (b) に示すように円形、あるいは楕円形等でもよい。また、記録領域 3 0 A の配列形態は、図 2 (a) に示すような正方格子や、図 2 (b) に示すような六方格子など様々な配列を取ることができる。

【 0 0 4 4 】

一方、第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体では、強磁性層 3 0 の下に軟磁性層 2 0 を有しているため、単磁極ヘッドを用いて記録再生を行う際、ヘッドと媒体との間で閉じた磁気ループを形成することができる。

【 0 0 4 5 】

なお、軟磁性層を備えた磁気記録媒体では、軟磁性層内で磁壁が発生すると再生時のノイズ発生 of の大きな要因となるため、軟磁性層で磁壁の発生を防止するために、磁化の向きを一定方向、例えばディスク型垂直磁気記録媒体においては、面内半径方向に付与することが望まれる。軟磁性層の凹凸は、磁壁のピニングサイトとなり、磁壁が生じやすくする。磁壁はスパイクノイズの発生の原因となり好ましくない。これに対し、第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体では、軟磁性層 2 0 の厚み L_1 が、十分厚く、好ましくは、表面の凹凸高さ L_2 の少なくとも 2 倍以上の厚みとすることで、磁壁の発生を抑制できる。よって、単磁極ヘッドを用いた記録再生の際、軟磁性層 2 0 の面内方向に揃った磁気の向きを付与することができ、図 1 (a) に示すような、ヘッド (図示せず) と媒体との間で閉じた磁気ループを形成し、良好な高密度垂直磁気記録が可能になる。

【 0 0 4 6 】

以下、各層に使用する材料について説明する。

【 0 0 4 7 】

非磁性基板 1 0 の材料としては、射出成形に適した材料を使用することが好ましい。例えば、熱可塑性樹脂が例示できる。また、熱可塑性樹脂としては、ポリカーボネート、ポリスチレン、スチレン系ポリマーアロイ、アクリル樹脂 (例えば、ポリメチルメタクリレート系)、ポリ塩化ビニル、ポリエステル、ナイロン、エチレン-酢酸ビニル樹脂、アモルファス・ポリオレフィンなどが挙げられる。このほか、熱硬化性樹脂も使用可能である。その例としては、エポキシ樹脂、熱硬化性ポリウレタン、不飽和アクリル樹脂、不飽和ポリエステル、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート樹脂などが挙げられる。また、樹脂の代わりにガラス、特に低融点ガラスを用いることもできる。高生産性、コスト

、耐吸湿性などの点からは、ポリカーボネートが好ましく、耐薬品性、耐吸湿性などの点からは、非晶質ポリオレフィンが好ましい。

【 0 0 4 8 】

軟磁性層 2 0 は、記録再生時に単磁極ヘッドの磁界によって磁気の向き（スピンの向き）が変化し閉じた磁気ループが形成される程度の保持力を有するものであればよい。一般的には数 k O e 以下であれば好ましく、1 k O e 以下であればさらに好ましく、5 0 O e 以下であればなお好ましい。

【 0 0 4 9 】

例えば、軟磁性層 2 0 としては、F e , N i , C o のいずれかの元素を組成に含んでいる軟磁性材料、例えば、C o F e 、 N i F e 、 C o Z r N b 、フェライト、珪素鉄、炭素鉄 10 等が使用できる。

【 0 0 5 0 】

軟磁性層 2 0 の微細構造は、強磁性層 3 0 と同様な構造であれば、結晶性や微細構造制御の点で好ましいが、磁気特性を優先させる場合には敢えて別の構造とすることもできる。例えば、アモルファスの軟磁性層 2 0 と結晶性の強磁性層 3 0 、あるいはその逆が考えられる。また、軟磁性層 2 0 は、軟磁性体微粒子が非磁性体マトリックス中に存在する、いわゆるグラニューラー構造であっても構わないし、磁気特性の異なる複数の層（例えば軟磁性層／非磁性層の多層膜）から構成されていても構わない。

【 0 0 5 1 】

なお、記録再生時以外の軟磁性層 2 0 の磁気異方性の方向は膜面に垂直でも、面内周方向 20 でも、面内半径方向でも、あるいはこれらの合成であっても構わない。

【 0 0 5 2 】

強磁性層 3 0 としては、現在の磁気記録媒体で一般的に用いられている強磁性材料を使用できる。すなわち、飽和磁化 I_s が大きくかつ磁気異方性が大きいものが適している。この観点から、例えば C o 、 P t 、 S m 、 F e 、 N i 、 C r 、 M n 、 B i 、および A l ならびにこれらの金属の合金からなる群より選択される少なくとも一種を使用することができる。これらのうちでは、結晶磁気異方性の大きい C o 合金、特に C o P t 、 S m C o 、 C o C r をベースとしたものや F e P t 、 C o P t 等の規則合金がより好ましい。具体的には、C o - C r 、 C o - P t 、 C o - C r - T a 、 C o - C r - P t 、 C o - C r - T a - P t 、 F e ₅₀ P t ₅₀ 、 C o ₅₀ P t ₅₀ 、 F e ₅₀ P d ₅₀ 、 C o ₇₅ P t ₂₅ などである。また、これらの他にも、T b - F e 、 T b - F e - C o 、 T b - C o 、 G d - T b - F e - C o 、 G d - D y - F e - C o 、 N d - F e - C o 、 N d - T b - F e - C o 等の希土類-遷移金属合金、磁性層と貴金属層の多層膜（人工格子：C o / P t 、 C o / P d など）、P t M n S b 等の半金属、C o フェライト、B a フェライト等の磁性酸化物などから幅広く選択することができる。

【 0 0 5 3 】

強磁性層 3 0 の磁気特性を制御する目的で、上記の磁性体と、磁性元素である F e 、 N i から選ばれる少なくとも1つ以上の元素とを合金化させたものを強磁性層 3 0 として使用してもよい。また、これらの金属または合金に、磁気特性を向上させるための添加物、例えば C r 、 N b 、 V 、 T a 、 M o 、 T i 、 W 、 H f 、 C r 、 V 、 I n 、 Z n 、 A l 、 M g 40 、 S i 、 B 等、あるいはこれらの元素と、酸素、窒素、炭素、水素の中から選ばれる少なくとも一つの元素との化合物を加えても良い。

【 0 0 5 4 】

強磁性層 3 0 の磁気異方性に関しては、垂直磁気異方性成分が主であれば面内磁気異方性成分があっても構わない。強磁性層 3 0 の厚さに特に制限はないが、高密度記録を考えると 1 0 0 n m 以下が好ましく、5 0 n m 以下がより好ましく、2 0 n m 以下が更に好ましい。なお、0 . 1 n m 以下になると連続した薄膜を構成するのが困難になるので好ましくない。一方、凹凸による記録領域を磁氣的に分断するためには、強磁性層の膜厚は薄く、凹凸高さは大きくすることが望ましい。

【 0 0 5 5 】

また、強磁性層 30 は、磁性粒子とその間に存在する非磁性物質とから構成される複合材料であることが好ましい。磁性粒子を反転単位とした高密度磁気記録が可能となるからである。しかしながら、記録領域をパターン化する場合には、非磁性物質の存在は必ずしも必要ではなく、また、希土類-遷移金属合金のような連続的なアモルファス磁性体であっても構わない。

【 0 0 5 6 】

以下、図 3 (a) ~ 図 3 (c) を参考にして、第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法について説明する。

【 0 0 5 7 】

まず、図 3 (a) に示すように、射出成形により表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板 10 を形成する。具体的には、非磁性基板 10 の材料として、射出成形が可能な材料、例えば熱可塑性樹脂等を用い、凹凸パターンが形成された金型に熔融状態の樹脂を流しこみ、冷却後金型から取り出す。ドラム式磁気記録媒体を形成する場合は、円筒形金型を利用し、外面に微細な凹凸の形成された円筒状の非磁性基板 10 を作製する。なお、非磁性基板 10 に形成する凹凸の高さは、例えば 10 nm 以上、好ましくは 20 nm ~ 100 nm、また、凸部上面の面積は 100 nm² 角以下望ましくは 80 nm² 角以下とする。磁気的な分断を行うためには、凸部上面の矩形の一辺の長さに対し、凹凸高さを同等以上の長さとするのが好ましい。しかしながら、凸部のアスペクト比が大きくなると加工が困難になるため、実用的には、凸部上面の矩形の一辺の長さと凹凸の高さをほぼ等しくすることが好ましい。例えば凸部上面が 100 nm 角の場合は凹凸高さを 100 nm、40 nm 角の場合は凹凸高さを 50 nm とする。

【 0 0 5 8 】

射出成形に用いる微細な凹凸を備えた金型は、以下の方法で作製することができる。すなわち、Si 基板や樹脂シリンダー上にレジスト膜をコーティングし、EB (電子ビーム) 露光や FIB (Focused ion beam) 加工でレジストパターンを形成し、レジストパターンをマスクにして Ar イオンミリング等を行い基板表面に凹凸パターンを形成し、さらに Ni 等をスパッタすることで、表面を導電化し、Ni 電鍍によってこの型をとる。

【 0 0 5 9 】

しかし、これらのパターン形成法ではコストや時間が非常にかかるので、EB 露光によるレジストのパターニング方法に代えて、ブロックポリマーの自己組織化を利用し、基板上に規則的に配列された微細なドットパターンを形成する方法を用いて金型のベースとなるパターンを形成することが望ましい。ジブロックポリマーは分子量を制御することで、様々なサイズおよび配列構造を容易に形成することが可能になるため、微細凹凸パターンを非常に容易に形成でき、金型の製造工程上有利になる。

【 0 0 6 0 】

次に、図 3 (b) に示すように、射出成型法で作製された非磁性基板 10 上にスパッタ法で軟磁性層 20 を成膜する。

【 0 0 6 1 】

続いて、図 3 (c) に示すように、凹凸のある軟磁性層 20 の上に強磁性層 30 を成膜する。なお、好ましくは、強磁性層 30 として、人工格子を形成する。

【 0 0 6 2 】

上記工程では、軟磁性層 20 の凹凸を強磁性層 30 で被膜するため、物理的には記録ビットは孤立化されていないが、凸部の強磁性層 30 が周囲の凹部の強磁性層 30 と磁気的に分断され、凸部のみに、保磁力の大きな記録領域 30 A が形成される。こうしていわゆるパターンドメディアを得ることができる。

【 0 0 6 3 】

以上に説明した第 1 の実施の形態の磁気記録媒体の製造方法によれば、凹凸を備えた非磁性基板を射出成形法を用いて作製するので、量産に適している。また、従来のパターンドメディア作製工程で必要とされたエッチング工程が不要であるとともに CMP 工程も省略

できるため、大幅な工程の簡略化が可能となる。また、エッチングが不要なので、イオンミリング等の物理的エッチングによる加工表面のダメージがない。エッチングダメージによるノイズが発生しないため、磁気特性の向上を図ることができる。

【 0 0 6 4 】

なお、磁気記録媒体は必要に応じ、図 1 (b) に示すように、強磁性層 3 0 上に、非磁性膜 4 0 を形成し、媒体表面を平坦化し、その上に保護膜 5 0 を形成する。R / W 評価 (読み込みまたは書き込み評価) を行う際には H D I (H e a d - D i s k i n t e r f a c e) が重要となるため、この平坦化処理は必要となる。平坦化用非磁性膜 4 0 としては、例えば $S i O_2$ 、 Al_2O_3 、 TiO_2 などの酸化物や Si_3N_4 、 AlN 、 TiN などの窒化物、 TiC などの炭化物、 BN 等の硼化物を用いることができる。なお、ナノメートルレベルの微細な凹凸を平坦化するために、上記非磁性体をスパッタ法で充填するのは困難であるため、SOG (S p i n - O n - G l a s s) を用い、スピコート法で平坦化を図る方法がより好適である。SOG は溶媒にガラス材を溶解した液状剤であるため、スピコートにより、基板表面の微細な凹部を埋め表面を均一に平坦化する。また、スピコート後数秒で溶媒が気化し、固体へと変質する。SOG はそのまま用いても良いが、 $450^{\circ}C$ 以上の温度で熱処理を加えることで安定な SiO_2 に変質させることが望ましい。

【 0 0 6 5 】

以下、第 1 の実施の形態に係る実施例について説明する。

【 0 0 6 6 】

(実施例 1)

まず、射出成形法を用いて凹凸を備えた円筒形非磁性基板 1 0 を作製した。表面に図 2 (a) に示すような複数の矩形の凸部パターンが規則的に配列された射出成型金型を用いた。この射出成型金型は、EB 露光法を用いて円筒形シリンダー上にパターンニングしたものを Ni 電鍍で型をとって作製した。凸部矩形部の面積は $50 nm^2$ 角であり、凹凸の高さは $50 nm$ であった。

【 0 0 6 7 】

具体的には、非磁性基板として、ポリカーボネート材を用意し、射出成形機のホッパーにセットし、金型温度を $125^{\circ}C$ 、樹脂温度を $340^{\circ}C$ 、射出圧力を $30 t$ 、サイクルタイムを 12 秒とする条件で射出成形を行った。こうして、直径 $200 mm$ 、高さ $700 mm$ の、表面に凹凸が形成された非磁性基板 1 0 となる円筒形ポリカーボネートシリンダーを作製した。

【 0 0 6 8 】

次に、この円筒形ポリカーボネートシリンダー表面にスパッタ蒸着法を用いて、軟磁性層 2 0 である $CoZrNb$ を膜厚 $200 nm$ 形成した。軟磁性層 2 0 の上層に形成される凹凸高さ L_2 は、少なくとも非磁性基板の凹凸高さ $50 nm$ より若干低いので、この条件において、軟磁性層 2 0 の厚み L_1 は凹凸高さ L_2 の 2 倍以上の条件を十分満たすものであった。

【 0 0 6 9 】

続けて、スパッタ蒸着法を用いて、強磁性層 3 0 として、 Co 膜と Pd 膜とを交互に積層させた人工格子を作製した。 Co 膜の厚みは $0.3 nm$ 、 Pd 膜の厚みは $0.7 nm$ 、積層数は 10 層とした。この人工格子は、平坦なポリカーボネート基板上に、軟磁性層を形成せず直接した場合の磁気特性は、角形比 0.8、保磁力 $2500 Oe$ であった。

【 0 0 7 0 】

強磁性層 3 0 の上に SOG 層を形成し、表面を平坦化し、さらに C 保護膜をスパッタ法により膜厚 $10 nm$ 形成した。

【 0 0 7 1 】

こうして得られた磁気記録媒体を、接触圧約 $5 \sim 6 g$ 、Disc 回転数 $3000 rpm$ 、スライド速度 $1.25 mm/s$ 、5 往復、時々発生する突起部分からと思われるパルス状の信号がなくなる程度パニッシュし、R / W 試験を行った。

周波数 1 M H z 、 4 0 m A で書込みを行った場合、プリアンプ出力で 3 0 0 m V 程度の再生信号が得られた。スパイクノイズの発生は見られなかった。

【 0 0 7 2 】

(実施例 2)

実施例 2 では、ジブロックポリマーの自己組織化を利用して微細パターンを形成した金型を用いた射出成形法により凹凸を備えた非磁性基板を作製した。それ以外は、実施例 1 と同様な条件を用いて磁気記録媒体を作製した。

【 0 0 7 3 】

すなわち、P S - P M M A ジブロックポリマー (ポリスチレン P S 、ポリメチルメタクリレート P M M A) を混合した液剤を円筒シリンダー上にコーティングし、P M M A からなる「島」状領域と P S からなる「海」状領域とに相分離した海島構造を形成した。これをオゾン中に曝露し、P S を選択的に気化させ、規則的な P M M A のドットパターンを得た。その後、この P M M A のドットパターンをマスクにしてイオンミリングを行い、エッチングで凹凸の形成された円筒形シリンダー表面にスパッタにより N i を被覆し、導電化処理を行い、さらに N i 電鍍を行い、射出成形金型を作製した。

【 0 0 7 4 】

この金型を用いて、ポリカーボネートを射出成形し、図 2 (b) に示すような直径約 4 0 n m の凸部がピッチ 8 0 n m で六方格子状に配列されたパターンを非磁性基板 1 0 上に形成した。なお、凹凸高さは 5 0 n m とした。

【 0 0 7 5 】

次に、この非磁性基板上にスパッタ蒸着法を用いて、実施例 1 と同様に、軟磁性層である C o Z r N b を膜厚 2 0 0 n m 形成した。

【 0 0 7 6 】

続けて、スパッタ蒸着法を用いて、強磁性層 3 0 として、C o 膜と P d 膜とを交互に積層させた人工格子を形成した。C o 膜の厚みは 0 . 3 n m 、P d 膜の厚みは 0 . 7 n m 、積層数は 1 0 層とした。

【 0 0 7 7 】

こうして得られた磁気記録媒体を接触圧約 5 ~ 6 g 、D i s c 回転数 3 0 0 0 r p m 、スライド速度 1 . 2 5 m m / s 、5 往復、時々発生する突起部分からと思われるパルス状の信号がなくなる程度バニッシュし、R / W 試験をした。周波数 1 M H z 、4 0 m A で書込みを行った場合、プリアンプ出力で 3 0 0 m V 程度の再生信号が得られた。スパイクノイズの発生は見られなかった。

【 0 0 7 8 】

高コストプロセスである E B 露光を用いて形成した射出成形金型を使用した実施例 1 と、低コストプロセスであるジブロックポリマーの自己組織化を用いて形成した射出成形金型を使用した実施例 2 とでは、得られた磁気記録媒体の磁気特性に差はほとんどみられなかった。

【 0 0 7 9 】

(実施例 3)

実施例 3 は、軟磁性層の膜厚を実施例 1 および 2 の磁気記録媒体のものより薄くした磁気記録媒体である。それ以外の基本的な条件は実施例 2 と同様とした。

【 0 0 8 0 】

まず、実施例 2 と同様にジブロックポリマーの自己組織化を用いたパターンニング方法を利用して作製した射出成形金型を用いて、ポリカーボネート基板に、図 2 (b) に示すような直径 4 0 n m の円形の凸部がピッチ 8 0 n m で規則的に配置された凹凸を形成した。この非磁性基板 1 0 であるポリカーボネート基板に形成した凹凸の高さは 5 0 n m であった。

【 0 0 8 1 】

次に、この非磁性基板上にスパッタ蒸着法を用いて、軟磁性層である C o Z r N b を膜厚 8 0 n m 形成した。すなわち、軟磁性層の厚み L 1 が、軟磁性層の上層の凹凸高さ L 2 の

2 倍より薄い条件であった。

【 0 0 8 2 】

続けて、スパッタ蒸着法を用いて、強磁性層 3 0 として、C o 膜と P d 膜とを交互に積層させた人工格子を形成した。C o 膜の厚みは 0 . 3 n m、P d 膜の厚みは 0 . 7 n m、積層数は 1 0 層とした。その上から S O G をスピンコートで塗布し、表面を平坦化した後 C 保護膜を膜厚 1 0 n m スパッタにより成膜した。

【 0 0 8 3 】

こうして得られた磁気記録媒体を接触圧約 5 ~ 6 g、D i s c 回転数 3 0 0 0 r p m、スライド速度 1 . 2 5 m m / s、5 往復の条件で、時々発生する突起部分からと思われるパルス状の信号がなくなる程度バニッシュし、R / W 試験をした。周波数 1 M H z、4 0 m A で書込みを行い、再生信号が得られることを確認した。なお、本実施例においては、スパイクノイズがわずかに見られ、実施例 1 および 2 に較べて再生信号は劣化していた。

【 0 0 8 4 】

R / W 評価を行った磁気記録媒体を M F M (磁気力顕微鏡) をもちいて磁気パターンを観測したところ、軟磁性層である C o Z r N b の磁壁と思われるパターンが観測された。この磁壁がスパイクノイズの原因と思われる。また、磁壁が生じてしまうのは、軟磁性層が薄すぎて凹凸が磁壁のピニングサイトとなったためである。この結果から、明瞭な再生信号を得るためには、軟磁性層厚み L 1 が軟磁性層の凹凸高さ L 2 の少なくとも 2 倍以上であることが好ましいといえる。

【 0 0 8 5 】

(比較例)

比較例は、図 4 (a) ~ 図 4 (e) に示す従来のイオンミリングエッチング法を用いたパターンドメディアの製造方法を用いて作製した磁気記録媒体である。

【 0 0 8 6 】

具体的には、まず図 4 (a) に示すように、平坦なポリカーボネート基板 2 1 0 上に、軟磁性層 2 2 0 として、スパッタ法を用いて膜厚約 2 0 0 n m の C o Z r N b を成膜した。続けて、軟磁性層 2 2 0 上に、スパッタ蒸着法を用いて、強磁性層 2 3 0 として、C o 膜と P d 膜とを交互に積層させた人工格子を形成した。C o 膜の厚みは 0 . 3 n m、P d 膜の厚みは 0 . 7 n m、積層数は 1 0 層とした。

【 0 0 8 7 】

次に、図 4 (b) に示すように、その上にフォトレジスト 2 7 0 をスピンコート法で膜厚約 1 5 0 n m 塗布し、実施例 2 で用いた射出成型金型と同様の方法で作製した N i スタンパ 2 6 0 を用いてナノインプリントを行い、フォトレジスト 2 7 0 に凹凸を形成した。その後、図 4 (c) に示すように、このフォトレジスト 2 7 0 をマスクにして、A r イオンミリングで、表面をエッチングした。残ったレジストは酸素プラズマで剥離を行い、図 4 (d) に示すような凹凸状の強磁性層 2 3 0 を得た。

【 0 0 8 8 】

この後、表面を S E M (走査型電子顕微鏡) により観察を行ったところ、軟磁性層上部に、クレバス (c r e v a s s e) 状のクラックが多数観察された。また、M F M による磁気パターンの観測では、軟磁性層内に磁壁と思われるパターンが観測された。

【 0 0 8 9 】

続いて、図 4 (e) に示すように、強磁性層 2 3 0 上に S O G をスピンコートし、さらに C M P 加工を行い表面を平坦化した後、C 保護膜を 1 0 n m スパッタ成膜した。

【 0 0 9 0 】

R / W 試験を行った。周波数 1 M H z、4 0 m A で書込みを行ったが、ノイズが大きく明瞭な再生信号が得られなかった。スパイクノイズも多く見られた。これは、イオンミリングプロセスによるダメージが原因である。イオンミリングによる A r イオンの衝突エネルギーが大きいため、強磁性層のみならず軟磁性層にもダメージを与え、クラックが発生したと考えられる。このクラックが磁壁の発生原因となり、スパイクノイズが大きく明瞭な再生信号が得られなかったと考えられる。

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

このように、実施例 1 および 2 と比較して、強磁性層をイオンミリングによりエッチングする従来の製造方法で作製された比較例のパターンドメディアにはエッチングダメージがあり、ノイズ発生が大きいことがわかった。S / N の高い垂直磁気記録媒体を得るには、エッチング工程が不要な本実施の形態に係る磁気記録媒体の構造が好ましいことが確認できた。

【 0 0 9 2 】

(第 2 の実施の形態)

図 5 に、本発明の第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面構造を示す。この磁気記録媒体は、同図に示すように、非磁性基板 1 2 上に形成された軟磁性層 2 2 に、プレス成形 10 法を用いて規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを形成し、その上に垂直磁気異方性を持つ強磁性層 3 2 を形成したものである。

【 0 0 9 3 】

この磁気記録媒体の構造によれば、軟磁性層の形状を反映した凹凸が強磁性層にも形成され、強磁性層の凸部のみを垂直記録領域とするいわゆるパターンドメディアを形成できる。すなわち、第 1 の実施の形態と異なる点は、非磁性基板は凹凸を有さず、軟磁性層に凹凸を形成した点である。なお、特に説明しない条件については、第 1 の実施の形態と同様な条件を使用できる。

【 0 0 9 4 】

この磁気記録媒体の構造では、凸部の強磁性層 3 2 と凹部側部および底部の強磁性層 3 2 20 との磁気的な相互作用を分断できるので、凸部のみに、独立した記録領域 3 2 A を持つ、パターンドメディアが形成できる。平面的には、第 1 の実施の形態と同様に、記録領域 3 2 A が図 2 (a) に示す正方格子や、図 2 (b) に示す六方格子などの配列を取る。

【 0 0 9 5 】

第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体の構造によれば、強磁性層 3 2 のエッチングをせずに、パターンドメディアを製造することが可能になる。また、強磁性層 3 2 の下地層として備えた軟磁性層 2 2 は、単磁極ヘッドを用いた記録再生の際に、磁気の通り道となり、図 5 に示すようなヘッド (図示せず) と媒体との間で閉じた磁気ループを形成できる。また、第 1 の実施の形態と同様に、軟磁性層 2 2 の厚み L_1 を、少なくとも記録再生の際に面方向に安定に磁化の向きを揃えらえる厚み、好ましくは、軟磁性層表面の凹凸高さ L_2 30 の少なくとも 2 倍以上の厚みとする。これにより、凹凸の影響を抑制し、磁壁の発生を防止できる。従って、高記録密度の垂直磁気記録が可能になる。

【 0 0 9 6 】

次に、図 6 (a) ~ 図 6 (c) を参照して、第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を説明する。

【 0 0 9 7 】

まず、図 6 (a) に示すように、平坦な非磁性基板 1 2 上に軟磁性層 2 2 をスパッタ法等を用いて形成する。

【 0 0 9 8 】

続いて、凹凸のある硬質モールドであるスタンプ 6 0 を用いて軟磁性層 2 2 をプレス成型 40 (ナノインプリント) する。硬質モールド材としては、ダイヤモンド、DLC (Diamond-like carbon)、SiC、や SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、 CaO_2 等の酸化物が好ましく使用できる。こうして、軟磁性層 2 2 に、図 6 (b) に示すような凹凸を形成する。この凹凸は、規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とからなる。

【 0 0 9 9 】

なお、軟磁性層 2 2 としては、ナノインプリントによって加工できるよう、延性、展性に優れた柔らかい材料であることが好ましい。例えば Fe、Fe / Pt の人工格子、Fe、Pt、ポリマーに Fe、Ni、Co を分散させたものなどが好適である。

【 0 1 0 0 】

なお、軟磁性層 2 2 に形成する凹凸の高さは、例えば 1 0 n m 以上、好ましくは 2 0 n m ~ 1 0 0 n m、また凸部上面の面積は 1 0 0 n m 角以下望ましくは 8 0 n m 角以下とする。磁気的な分断を行うためには、凸部上面の矩形の一辺の長さに対し、凹凸高さを同等以上の長さとするのが好ましい。しかしながら、凸部のアスペクト比が大きくなると加工が困難になるため、実用的には、凸部上面の矩形の一辺の長さと凹凸の高さをほぼ等しくすることが好ましい。例えば凸部上面が 1 0 0 n m 角の場合は凹凸高さを 1 0 0 n m、4 0 n m 角の場合は凹凸高さを 5 0 n m とする。

【 0 1 0 1 】

次に、図 6 (c) に示すように、凹凸が形成された軟磁性層 2 2 の上に強磁性層 3 2 を形成する。強磁性層 3 2 の材料は、第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体と同様な材料を用 10

【 0 1 0 2 】

以上に説明した第 2 の実施の形態の磁気記録媒体の製造方法によれば、従来のパターンドメディア作製工程で必要とされたイオンミリング等のエッチング工程が不要であるとともに C M P 工程も省略できるため、大幅な工程の簡略化が可能となる。また、イオンミリングを行わないですむため、物理的エッチングによる加工表面のダメージをなくし、磁気特性の向上を図ることができる。

【 0 1 0 3 】

以下、第 2 の実施の形態に係る実施例について説明する。

【 0 1 0 4 】

(実施例 4)

まず、実施例 2 と同じ方法で作製した P S - P M M A ジブロックコポリマーの相分離を利用した N i スタンパを用いて、S i C 基板上に塗布した厚み約 1 5 0 n m のフォトリソストにナノインプリントを行い、レジストの凹凸パターンを形成した。次に、このレジストパターンをマスクとして、R I E で S i C 基板をエッチングし、S i C スタンパを作製した。

20

【 0 1 0 5 】

次に、非磁性基板として平坦な S i 基板を準備し、この S i 基板上に、軟磁性層としてスパッタ法で膜厚約 3 0 0 n m の F e 膜を形成した。上記 S i C スタンパを用いて F e 膜上にプレス圧力 3 0 t で直接ナノインプリントを行った。転写された凹凸高さは 1 5 n m で 30

【 0 1 0 6 】

続けて、強磁性層として、C o 膜と P d 膜とを交互に 1 0 回スパッタ成膜し、人工格子を形成した。その上に S O G をスピコートで塗布し、平坦化した後、スパッタ法により膜厚 1 0 n m の C 保護膜を形成した。F e の磁壁を除去するために、ヘルツホルムコイルの中に試料を導入し、1 5 k O e でディスクの回転方向に磁化させた。

【 0 1 0 7 】

その後 R / W 試験を行った。周波数 1 M H z、4 0 m A において書き込みを行った場合、プリアンプ出力で 2 0 0 m V 程度の再生信号が得られた。スパイクノイズの発生は見られなかった。

【 0 1 0 8 】

このように、実施例 4 の結果より、本発明の第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体によれば、R / W 特性の良好なパターンドメディアを、より簡便に製作できることが確認できた。

40

【 0 1 0 9 】

(第 3 の実施の形態)

図 7 に、本発明の第 3 の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面構造を示す。この磁気記録媒体は、同図に示すように、非磁性基板 1 3 上に形成された平坦な軟磁性膜 2 3 A 上に、軟磁性膜 2 3 A と共通する組成を有する軟磁性微粒子 2 3 B を規則的に配列させたものであり、軟磁性膜 2 3 A と軟磁性粒子 2 3 B とをあわせて、凹凸を有する軟磁性層 2 3 を構 50

成している。さらに、この軟磁性層 2 3 の上に、垂直磁気異方性を有する強磁性層 3 3 を形成している。

【 0 1 1 0 】

この磁気記録媒体の構造では、凸部に相当する軟磁性微粒子 2 3 B 上面上の強磁性層 3 3 A と、凹部の側面および底面に相当する軟磁性微粒子 2 3 B の側面および軟磁性膜 2 3 A の露出面に形成される強磁性層 3 3 B との磁気的な相互作用を分断できるので、パターンドメディアが形成できる。

【 0 1 1 1 】

軟磁性膜 2 3 A および強磁性層 3 3 の材料は、第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体と同様な材料を用いることができる。すなわち、軟磁性膜 2 3 A としては、Fe、Ni、Co のいずれかの元素を組成に含んだ軟磁性材料、例えば、CoFe、NiFe、CoZrNb、フェライト、珪素鉄、炭素鉄等を使用することが好ましい。また、軟磁性微粒子 2 3 B としては、これらの軟磁性層 2 3 A と共通する組成を含有する材料、例えば Fe、Co、Ni 等を使用する。

【 0 1 1 2 】

軟磁性微粒子 2 3 B は、脱カルボニル反応方法、スーパーハライド還元方法等を用いて作製する。脱カルボニル反応方法では、例えば前駆体に $\text{Co}_2(\text{Co})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{Co})_3$ 、 $\text{Ni}(\text{Co})_3$ などのカルボニル塩とトリアルキルフォスフィン (R_3P) を混合し、高温で加熱して脱カルボニル反応で、Co、Fe、Ni 等の微粒子を得る。また、スーパーハライド還元方法では、 FeCl_3 、 FeCl_2 、 CoCl_2 、 NiCl_2 などの塩化物塩を前駆体にしてトリアルキルフォスフィン (R_3P) を加え、塩化物を還元することで、Co、Fe、Ni 等の微粒子を得る (Journal of Applied Physics, Vol. 85, No. 8, pp. 4325-4330, 15 April 1999)。微粒子粒径 R は、添加するトリアルキルフォスフィンの分子鎖長に依存する。例えばアルキル鎖を短くすることで R は小さくできるので、R の大きさを調整できる。

【 0 1 1 3 】

第 3 の実施の形態に係る磁気記録媒体を作製するためには、非磁性基板 1 3 上にスパッタ等で軟磁性層 2 3 A を形成した後、上記方法で製造された軟磁性微粒子を溶液中に分散させたコロイド溶液をスピンコートで軟磁性膜 2 3 A 上にモノレイヤー塗布する。軟磁性微粒子は自己組織化によって軟磁性膜 2 3 A 上に配列する。さらに、この上にスパッタ等で強磁性層 3 3 を形成すればよい。

【 0 1 1 4 】

なお、第 3 の実施の形態に係る磁気記録媒体の場合も、軟磁性膜 2 3 A の厚み L_1 は、記録再生時の軟磁性層 2 3 内の磁気の向きを揃えることのできる厚み、好ましくは、軟磁性層 2 3 の凹凸高さ L_2 、すなわち軟磁性微粒子 2 3 B の直径の 2 倍以上とすることが好ましい。

【 0 1 1 5 】

以上に説明した第 3 の実施の形態の磁気記録媒体の製造方法によれば、軟磁性膜 2 3 A とその上に配列させた軟磁性微粒子 2 3 B で形成する凹凸により、軟磁性微粒子 2 3 B の上層部を覆う強磁性層 3 3 と、軟磁性微粒子 2 3 B の側面部および軟磁性膜 2 3 A を覆う強磁性層 3 3 との磁気的な相互作用を分断できるので、軟磁性微粒子 2 3 B の上層部を覆う部分、すなわち強磁性層 3 3 の凸部に独立した記録領域 3 3 A を持つ、パターンドメディアが形成できる。この構造によれば、従来のパターンドメディア作製工程で必要とされたイオンミリング等のエッチング工程が不要であるとともに CMP 工程も省略できるため、大幅な工程の簡略化が可能となる。また、イオンミリングを行わないですむため、物理的エッチングによる加工表面のダメージをなくし、磁気特性の向上を図ることができる。また、軟磁性層での磁壁の発生が抑制されるため、単磁極ヘッドを用いて、良好な高密度垂直磁気記録が可能になる。

【 0 1 1 6 】

以下、第3の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0117】

(実施例5)

まず、スーパーハライド還元法を用いて、軟磁性微粒子を作製した。 FeCl_2 を前駆体とし、微粒子間の間隔を制御するためのオレイン酸1mモルとn-オクチルエーテル20mlとを窒素雰囲気下で混合し、100℃に加熱する。続けて、微粒子のサイズを制御するためのトリブチルフォスフィン $[\text{C}_4\text{H}_9(\text{C}_2\text{H}_5)_3]_3\text{P}$ を3mモル添加し、200℃に加熱した。微粒子粒径Rは、この時添加したトリブチルフォスフィンの分子鎖長に依存し、この場合は $R = 7 \sim 10 \text{ nm}$ になった。

【0118】

次に上記溶液を攪拌しながら1mlのジオクチルエーテルと2mモルのスーパーハライド(LiBEt_3H)を添加したのち200℃で20分攪拌し、ついで60℃以下に冷却した。この還元工程によって表面がアルキル鎖によって覆われたFe微粒子が形成された。

【0119】

その後、沈殿物が分離し始めるまで上記溶液中にエタノールを滴下し、沈殿物を含む溶液を遠心分離し、ワックス状の磁性微粒子を0.1~0.5mlのオレイン酸を添加した10mlのヘキサン中に再分散させ、流動性を高めるためエタノールを加えることで、Fe微粒子コロイド溶液を作製した。なお、オレイン酸は溶液の安定化を図るものである。

【0120】

一方、非磁性基板13として、平坦なSi基板を用意し、その上に軟磁性膜23Aとして、スパッタ法を用いて膜厚約200nmのFe膜を形成した。

【0121】

このFe膜上に、上記方法で作製したFe微粒子コロイド溶液をスピコートで塗布し、300℃に加熱することで、エタノールなどの有機物を蒸発させ、Fe膜上にFe微粒子を配列させた。

【0122】

Fe微粒子とFe膜からなる軟磁性層23上に、スパッタ蒸着法を用いて、強磁性層33として、Co膜とPd膜とを交互に積層させた人工格子を形成した。

Co膜の厚みは0.3nm、Pd膜の厚みは0.7nm、積層数は10層とした。さらに、その上にSOGをスピコートで塗布し、表面を平坦化した後、スパッタ法により膜厚10nmのC保護膜を形成した。Feの磁壁を除去するために、ヘルツホルムコイルの中に試料を導入し、15kOeでディスクの回転方向に磁化させた。

【0123】

R/W試験を行った。周波数1MHz、40mAで書込みを行った場合、プリアンプ出力で300mV程度の再生信号が得られた。スパイクノイズの発生は見られなかった。

【0124】

実施例5の磁気記録媒体は、実施例1または2の磁気記録媒体より高いS/N比を示した。これは、7~10nmの軟磁性微粒子で形成した軟磁性層の凹凸が、人工格子で形成された強磁性層の磁区をより確実に分断されていることを示す。

【0125】

(第4の実施の形態)

第4の実施の形態に係る磁気記録媒体は、第1の実施の形態と同様に、凹凸が形成された非磁性基板を使用したものであり、より簡易な製造方法を提供できる磁気記録媒体に関する。

【0126】

図8に、第4の実施の形態に係る磁気記録媒体を示す。この磁気記録媒体は、表面に規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有する非磁性基板14上に、連続する磁性層80が形成されている。このうち非磁性基板14の凸部上に形成された磁性層80は、垂直磁気異方性と強磁性とを示す記録領域34であり、それ以外の凹部側面および底

10

20

30

40

50

面に形成された磁性層 80 は、非記録領域である軟磁性領域 24 である。

【0127】

単磁極ヘッドを用いて、垂直磁気記録を行うためには、ヘッドと媒体との間に磁気ループを形成しなくてはならないが、そのためには、軟磁性層は必ずしも強磁性体からなる記録領域の下部に存在する必要はない。第4の実施の形態に係る磁気記録媒体のように、各記録領域 34 の周囲を軟磁性領域 24 が取り囲んでいれば、軟磁性領域 24 が磁束の通路となり、磁気ループを形成することが可能である。従って、単磁極ヘッドを用いた垂直磁気記録が可能となる。

【0128】

第4の実施の形態に係る磁気記録媒体の構造を作製するためには、第1の実施の形態と同様な、射出成形方法で凹凸を有する非磁性基板を作製し、その上に直接 Co/Pd や Co/Pt のような人工格子を形成すればよい。例えば Co/Pt 人工格子を成膜した場合、凹凸の凸部上面においては綺麗な積層構造が得られ、強磁性を発現するが、凹部底辺または側辺においては積層構造にはならず、人工格子特有の強磁性は発現せず、軟磁性を示す。従って、凸部上面に形成された Co/Pt 人工格子は、記録領域 34 となり、それ以外の Co/Pt 人工格子部分は非記録領域 24 となる。

【0129】

第4の実施の形態の製造方法によれば、強磁性層のエッチングが不要であるため、エッチングに伴うダメージを避けることができるとともに、成膜数を減らすことができるため工程を簡略化できる。

【0130】

以下、第4の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0131】

(実施例 6)

まず、実施例 2 と同様の条件で射出成形を行い、規則的に配列された複数の凸部と各凸部を囲む凹部とを有するポリカーボネート基板を製作した。すなわち、ブロックコポリマーの自己組織化を利用して微細な凹凸を有する金型を作製し、この金型を用いて、図 2 (b) に示すような、凸部の直径約 40 nm、ピッチ 80 nm の六方格子パターンで、凹凸高さが 50 nm のポリカーボネートの非磁性基板 14 を作製した。

【0132】

続けて、ポリカーボネート基板表面に、スパッタ蒸着法を用いて、磁性層 80 として、Co 膜と Pd 膜とを交互に積層させた人工格子を形成した。Co 膜の厚みは 0.3 nm、Pd 膜の厚みは 0.7 nm、積層数は 10 層とした。

【0133】

さらに、その上に SOG をスピコートで塗布し、表面を平坦化した後、スパッタ法により膜厚 10 nm の C 保護膜を形成した。

【0134】

R/W 試験を行った。周波数 1 MHz、40 mA で書込みを行った場合、プリアンプ出力で 200 mV 程度の再生信号が得られた。スパイクノイズの発生は見られなかった。実施例 1 や 2 の磁気記録媒体より若干信号出力が低いが、実用に十分な感度の再生信号が得られた。

【0135】

(その他の実施の形態)

以下、上述した第1～第4の実施の形態と同様に、エッチング工程を経ずに、形成できるパターンドメディアであり、しかも軟磁性層を少なくとも強磁性層の周囲に備え、単磁極ヘッドによる垂直磁気記録が可能なその他の実施の形態に係る磁気記録媒体について説明する。

【0136】

図 9 (a) および図 9 (b) に、その他の実施の形態に係る磁気記録媒体を示す。この磁気記録媒体は、非磁性基板 15 上に強磁性層 35 を備えるとともに、この強磁性層 35 を

化学的に変質させて形成した軟磁性領域 2 5 を有している。

図 9 (b) の斜視図に示すように、この軟磁性領域 2 5 は、強磁性層 3 5 からなる複数の各露出記録領域 3 5 A 周囲を取り囲むように形成されている。各記録領域 3 5 A は、それぞれ完全に独立した領域にすることが望ましいが、図 9 (b) に示すように、少なくとも強磁性層 3 5 の上層部を軟磁性領域 2 5 により取り囲むことで、各記録領域 3 5 A は磁氣的に分離され得る。

【 0 1 3 7 】

なお、各記録領域 3 5 A はそれぞれ磁化方向が一方向に揃った単磁区状態となるように 1 0 0 n m 角以下望ましくは 8 0 n m 以下とする。各記録領域 3 5 A の形状は矩形に限られず、種々の形状にできる。例えば円形や楕円形等としてもよい。

10

【 0 1 3 8 】

図 1 0 (a) ~ 図 1 0 (e) を参照し、図 9 (a) および図 9 (b) に示す磁気記録媒体の製造方法について説明する。

【 0 1 3 9 】

まず、図 1 0 (a) に示すように、平坦な非磁性基板 1 5 上に、スパッタ法を用いて C o / P d 等の人工格子からなる強磁性層 3 5 を形成する。次に、図 1 0 (b) に示すように、強磁性層 3 5 の上にフォトレジスト 7 0 をスピコートで塗布し、スタンプ 6 0 を用いてフォトレジスト 7 0 にナノインプリント法で凹凸を転写する。なお、ここで用いるスタンプ 6 0 は、実施例 4 で使用したものと同一ものを使用できる。

【 0 1 4 0 】

20

次に、図 1 0 (c) に示すように、酸素プラズマを用いたアッシングにより、ナノインプリント法で形成されたフォトレジスト 7 0 の凹部底面に残っているレジストを除去し、強磁性層 3 5 を露出させる。

【 0 1 4 1 】

さらに、図 1 0 (d) に示すように、フォトレジスト 7 0 をマスクとして、電界加速した低質量希ガスイオンを照射し、レジストの無い部分をイオン照射により、軟磁性化する。低質量希ガスイオンとしては H e ⁺、N e ⁺ が好ましい。低質量希ガスイオンを用いるのは、電界加速した際に、強磁性層 3 5 をスパッタエッチングしてしまわないようにするためである。電界加速された低質量希ガスイオンが強磁性層 3 5 である人工格子に照射されると、人工格子の界面が荒らされるため、もはや強磁性特性を示さなくなり、軟磁性領域 2 5 となる。その後、酸素アッシャーにより、レジストを除去すれば、図 1 0 (e) に示すパターンドメディアが得られる。

30

【 0 1 4 2 】

上述する磁気記録媒体およびその製造方法によれば、強磁性層 3 5 をエッチングする必要もなく、パターンドメディアが形成できるので、エッチングダメージによるノイズが発生しない。また、記録領域 3 5 A の周囲を軟磁性領域 2 5 が取り囲んでいるので、単磁極ヘッドを用いた記録／再生の際、軟磁性領域 2 5 が、磁束の通路となり、ヘッドと媒体との間で、閉じた磁気ループを形成できるので、垂直磁気記録を行うことができる。また、この方法では磁気記録媒表面に凹凸を形成しないため、平坦化工程を省略できる。

【 0 1 4 3 】

40

以下、その他の実施の形態に係る実施例について説明する。

【 0 1 4 4 】

(実施例 7)

まず、非磁性基板 1 5 である平坦な S i 基板上に、スパッタ蒸着法を用いて、強磁性層 3 5 として、C o 膜と P d 膜とを交互に積層させた人工格子を形成した。C o 膜の厚みは 0 . 3 n m、P d 膜の厚みは 0 . 7 n m、積層数は 1 0 層とした。この強磁性層の垂直方向の磁気特性は角形比 0 . 8、保磁力 2 5 0 0 O e である。この後、フォトレジストをスピコートで膜厚約 1 5 0 n m 塗布した。このフォトレジストを実施例 2 で用いた射出成型金型と同様の方法で作製した N i スタンプ、すなわち P S - P M M A ジブブロックポリマーの相分離を利用してパターンニングしたものをを用いて、ナノインプリントでフォトレジス 50

トに凹凸を形成した。

【 0 1 4 5 】

次に、R I Eにより、20秒間フォトレジストをエッチングし、凹部底面のレジスト残さを除去した。この後、レジストパターンをマスクとして、露出した強磁性層に加速電圧400V、電流100mAでHe⁺イオンビームを照射した。

その後、酸素アッシャーでレジストを除去した。さらに、表面にC保護膜を10nmスパッタ成膜した。

【 0 1 4 6 】

R / W試験を行った。周波数1MHz、40mAで書込みを行った場合、プリアンプ出力で200mV程度の再生信号が得られた。スパイクノイズの発生は見られなかった。

10

【 0 1 4 7 】

以上、各実施の形態に沿って本発明の磁気記録媒体およびその製造方法等について説明したが、本発明はこれらの実施の形態の記載に限定されるものではない。種々の改良や置換が可能なことは当業者には明らかである。

【 0 1 4 8 】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明の磁気記録媒体およびその製造方法によれば、従来のような強磁性層のエッチング工程を伴わずに熱ゆらぎ耐性にすぐれたパターンドメディアとして機能する磁気記録媒体をより簡易な方法で生産できる。エッチングダメージによるノイズの発生、軟磁性層での磁壁の発生を抑制できるため、ノイズの少ない高密度垂直磁気記録媒体を提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る磁気記録媒体を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る磁気記録媒体の平面図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態における比較例の磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図である。

30

【図8】本発明の第4の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図である。

【図9】本発明のその他の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図および斜視図である。

【図10】その他の実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【図11】従来のパターンドメディアの製造方法を示す工程図である。

【符号の説明】

10、12、13、14、15 非磁性基板

20、22、23、24、25 軟磁性層

30、32、33、34、35 強磁性層

30A、32A、33A、35A 記録領域

30B、32B、33B 非記録領域

40

40 非磁性膜（平坦化膜）

50 保護膜

60 スタンパ

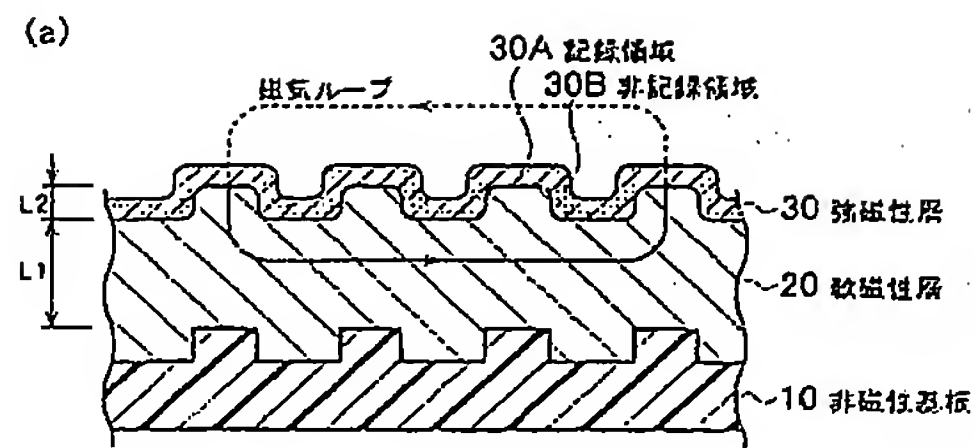
23A 軟磁性膜

23B 軟磁性微粒子

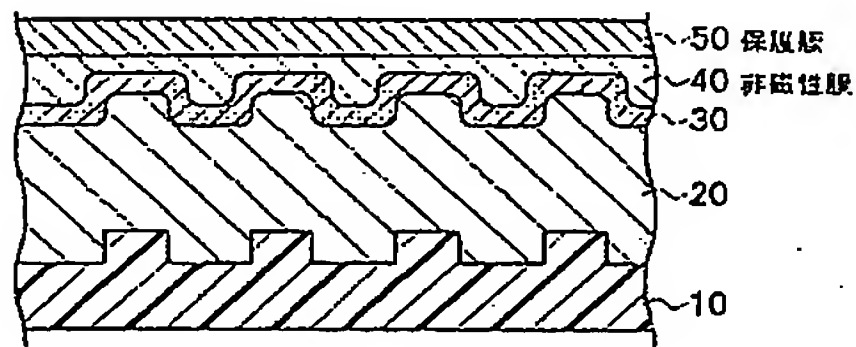
70 フォトレジスト

80 磁性層

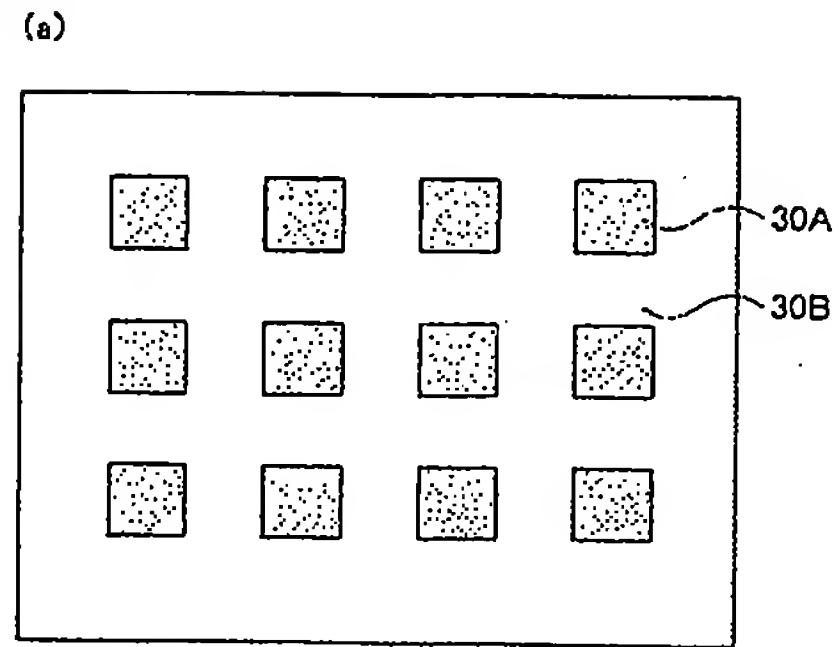
【 図 1 】



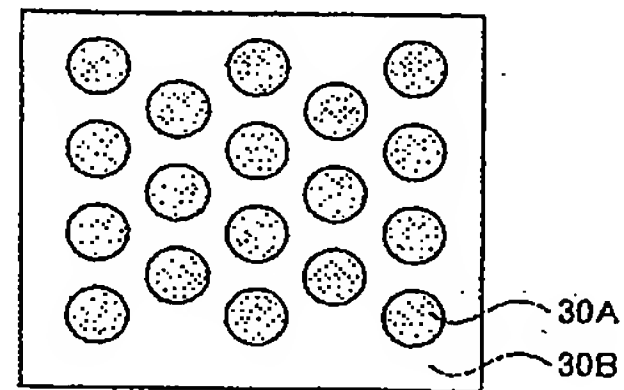
(b)



【 図 2 】

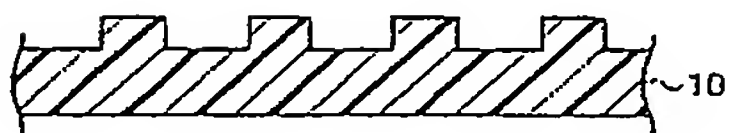


(b)

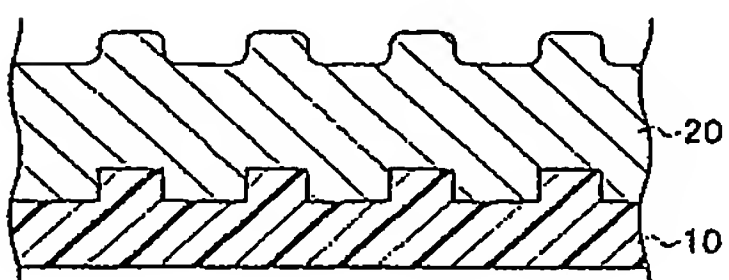


【 図 3 】

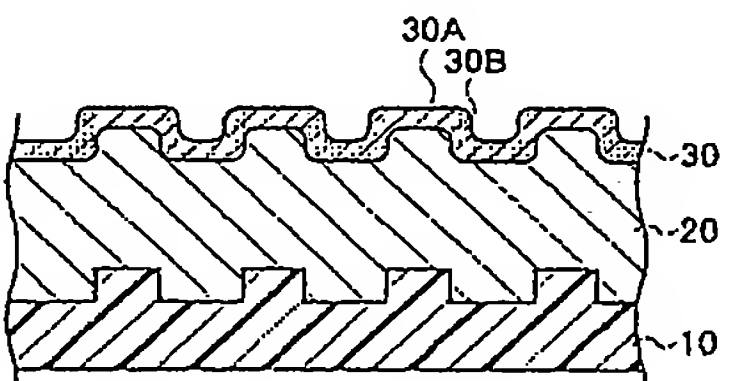
(a)



(b)

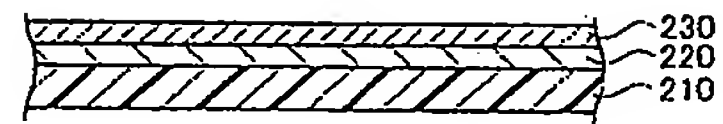


(c)



【 図 4 】

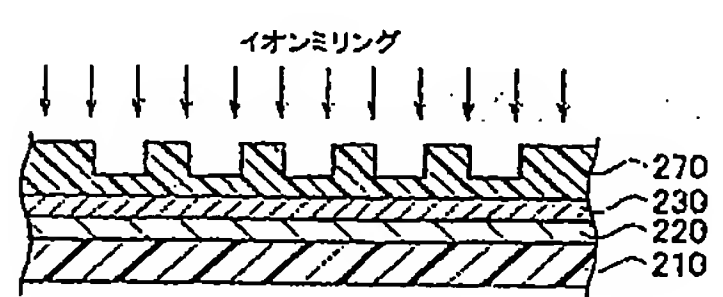
(a)



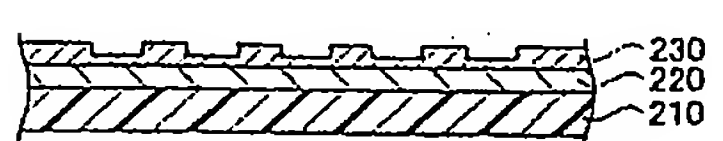
(b)



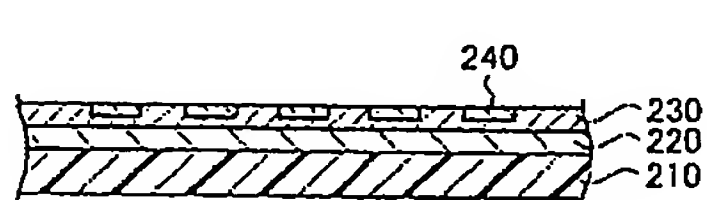
(c)



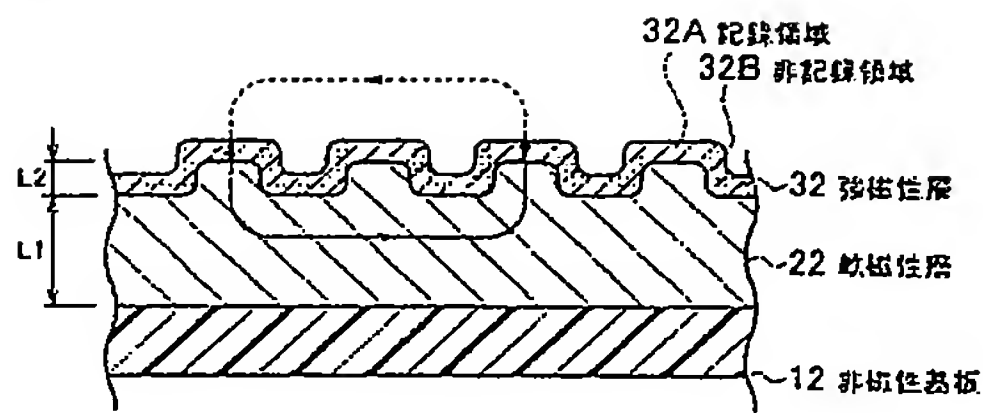
(d)



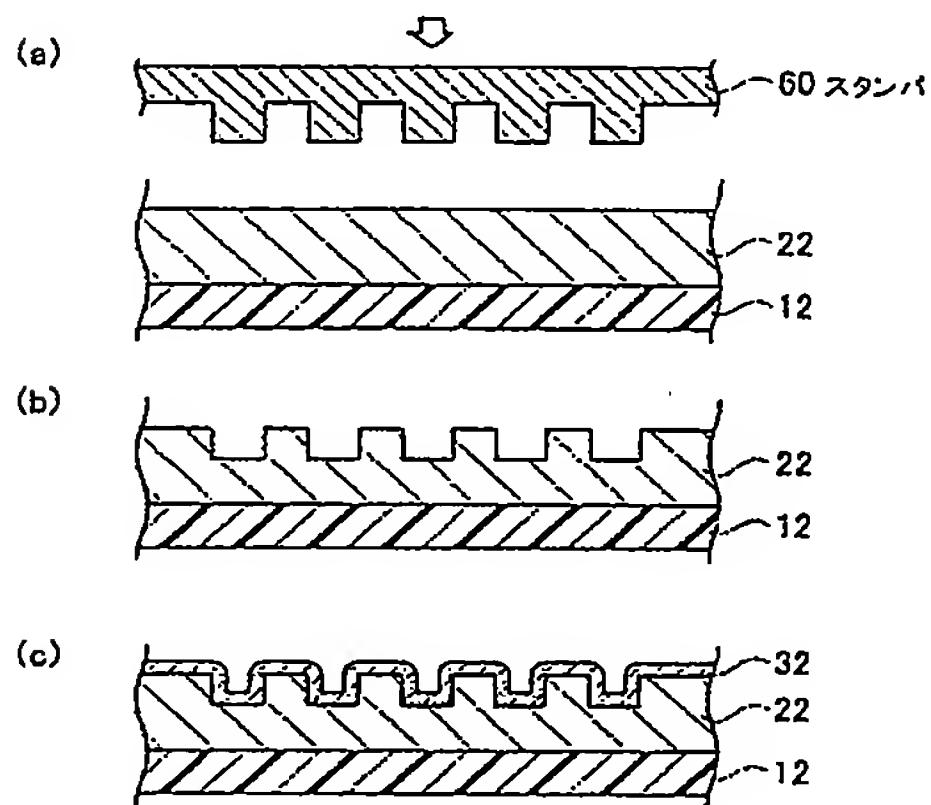
(e)



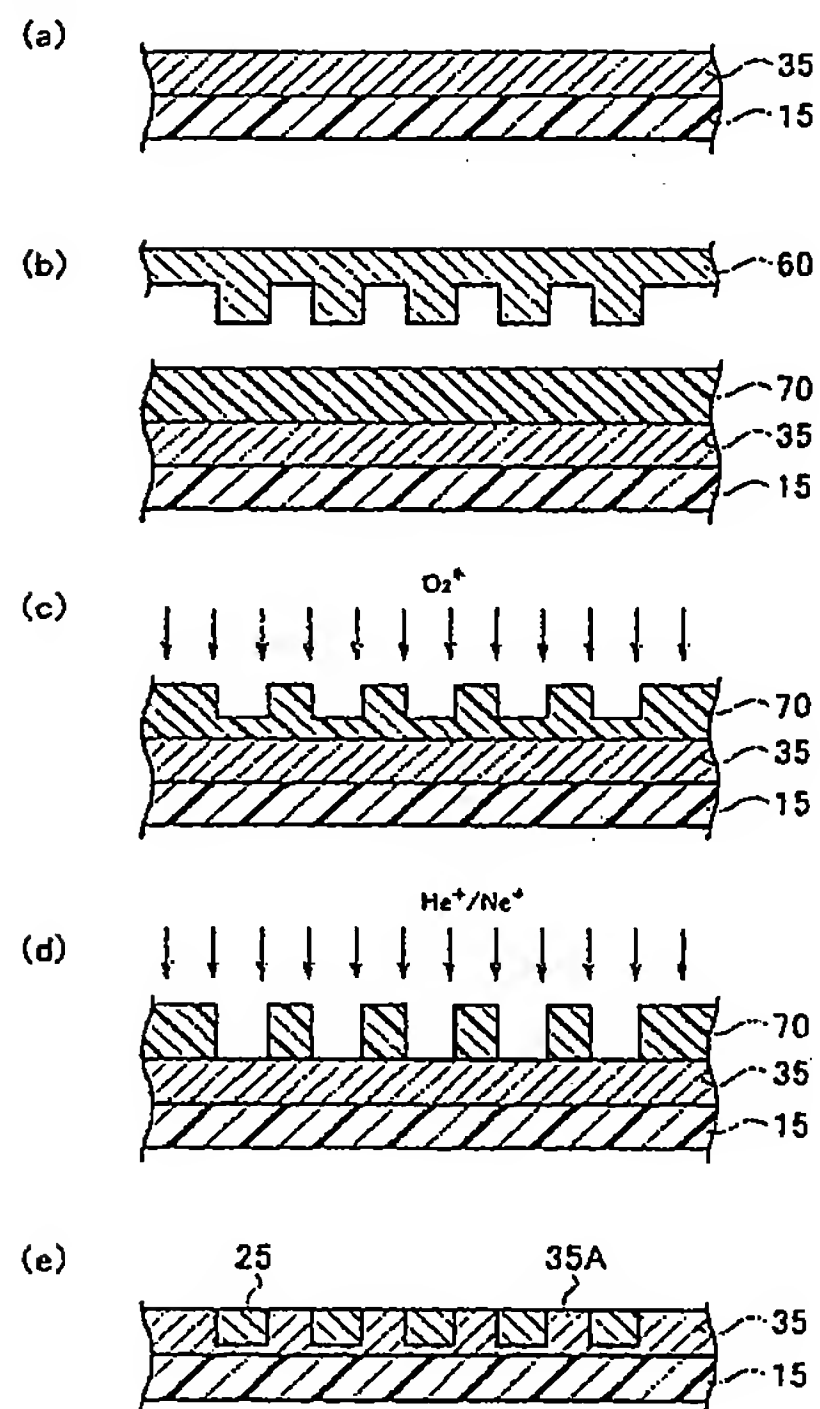
【 図 5 】



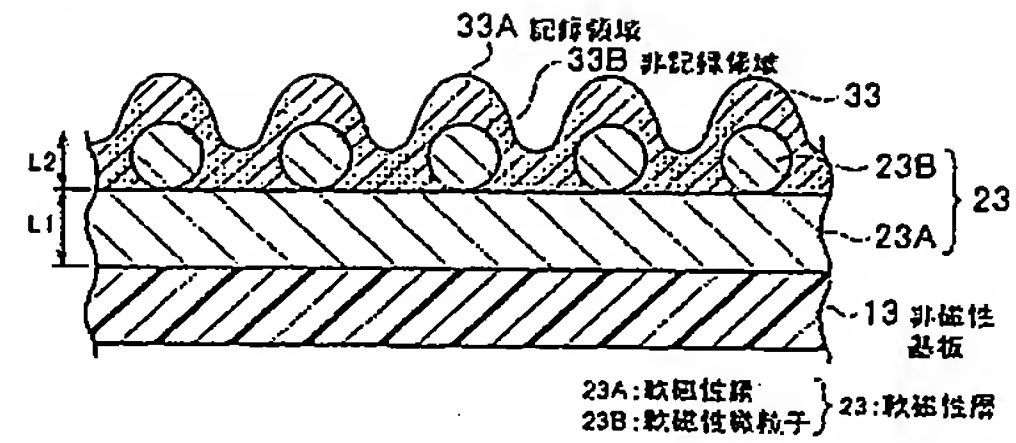
【 図 6 】



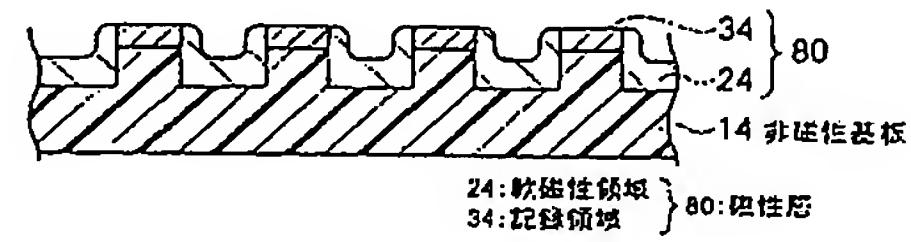
【 図 10 】



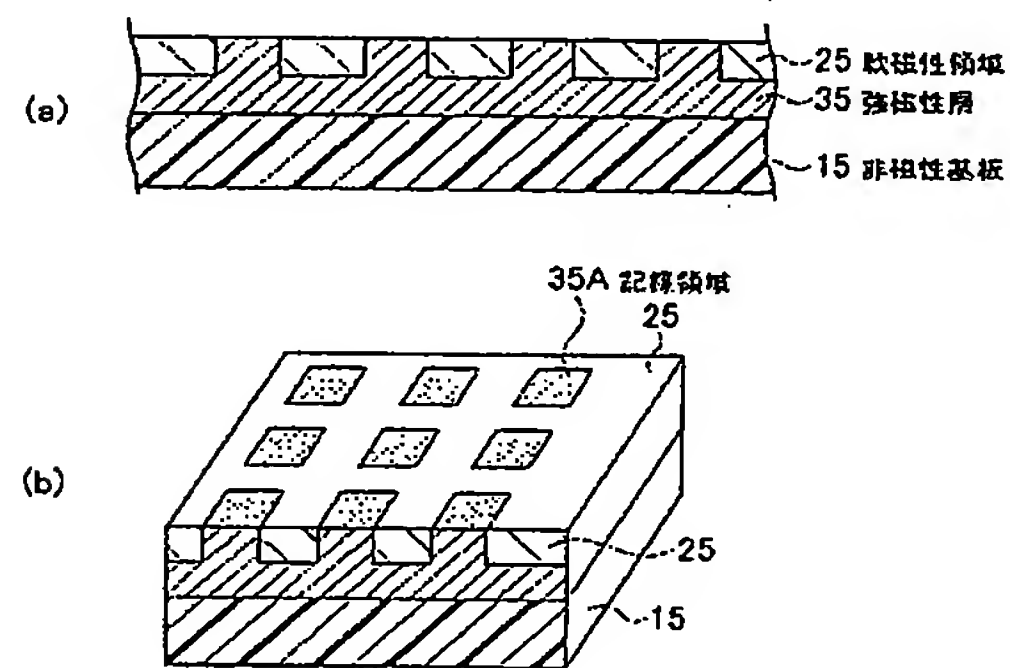
【 図 7 】



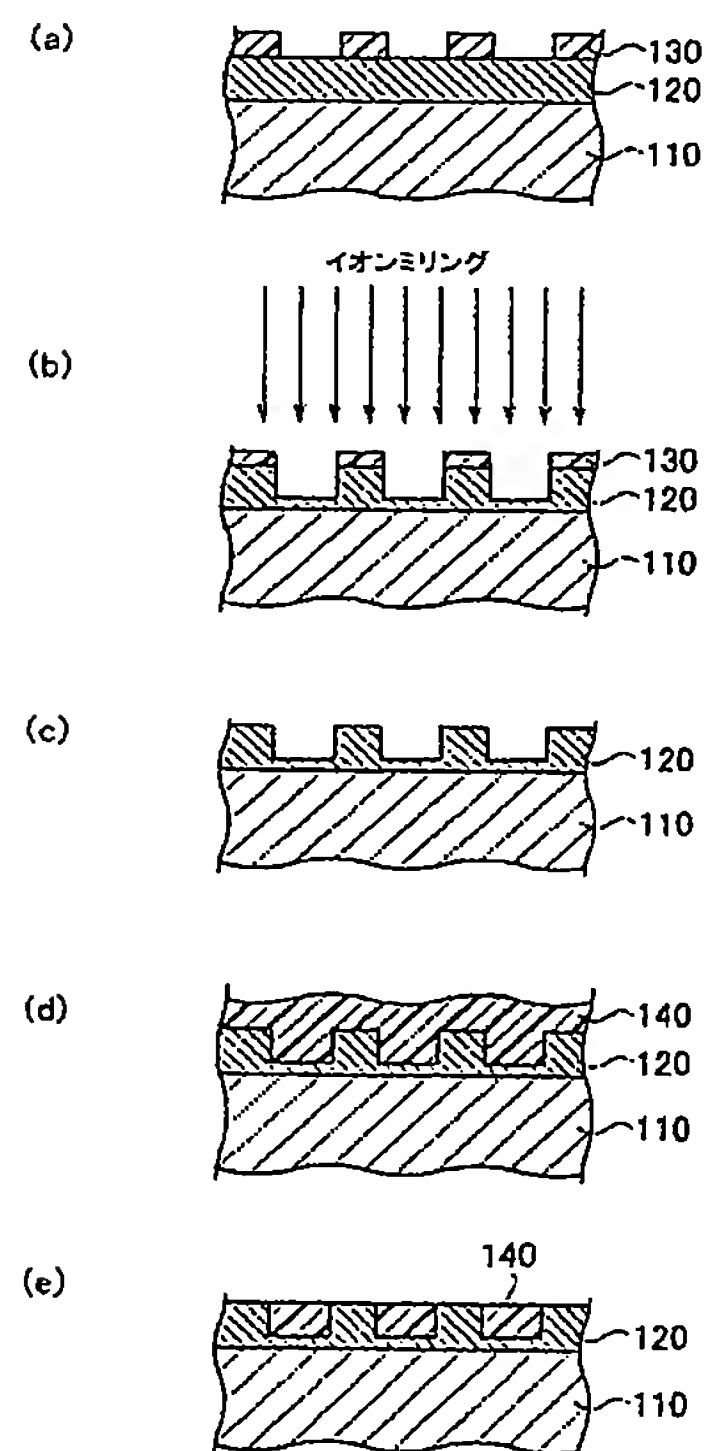
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(74) 代理人 100101247

弁理士 高橋 俊一

(74) 代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72) 発明者 鎌田 芳幸

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 櫻井 正敏

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 喜々津 哲

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内

F ターム (参考) 5D006 BB07 CA03 CA05 CB01 CB07 DA03 DA08 EA03 FA00 FA09
5D112 AA02 AA04 AA05 AA24 BA01 BA10 BB05 BD03 CC05 FA04

